

Proyecto IRESUD: Primeros ejemplos de Energía Solar Fotovoltaica Integrada a la Arquitectura (BIPV) en el país

Ismael H. Eyra², Julio C. Durán^{1,2}, Francisco Parisi^{1,2}, Ramón Eyra¹, Marcelo Álvarez³

¹ Universidad Nacional de San Martín – Escuela de Ciencia y Tecnología

² Comisión Nacional de Energía Atómica – Departamento Energía Solar

³ Aldar S.A.

Recibido 08/08/16, aceptado 08/10/16

RESUMEN: El proyecto IRESUD, "Interconexión de sistemas fotovoltaicos a la red eléctrica en ambientes urbanos", en ejecución desde fines de 2011, tiene el objetivo de promover la generación fotovoltaica distribuida conectada a la red de baja tensión en áreas urbanas. Este proyecto preveía, entre otras actividades, el diseño, instalación y operación de sistemas fotovoltaicos piloto en viviendas y edificios públicos y privados.

La filosofía de la integración arquitectónica consiste en dotar al sistema fotovoltaico de una doble función: generación de energía y elemento de construcción, logrando así economías y sinergias entre sistema y edificación. En este trabajo, se presentan 10 ejemplos de instalaciones en las cuales se contempló la integración de los módulos fotovoltaicos a los edificios o sus entornos físicos, produciendo ahorros en aspectos constructivos y/o de climatización. Este proyecto abrió las puertas a esta modalidad de construcción sustentable, que prácticamente no existía como práctica proyectual sistemática en nuestro país.

Palabras clave: Arquitectura, Energía, Fotovoltaica, Integración, Arquitectónica, Solar

INTRODUCCION

El proyecto IRESUD tuvo por objeto principal introducir en el país tecnologías asociadas con la interconexión a la red eléctrica en áreas urbanas y periurbanas, de sistemas solares fotovoltaicos (FV) distribuidos. Contempló para ello la implementación de cuestiones técnicas, económicas, legales y regulatorias. A tal fin, se propusieron los siguientes objetivos específicos:

- Generar y ejecutar proyectos de desarrollo de capacidades tecnológicas vinculados con la inserción en el país de las tecnologías de generación FV distribuida e interconectada a red.
- Desarrollar e impulsar el establecimiento de instrumentos (promoción, subsidios, normativa legal y técnica) que promuevan la instalación en el país de sistemas FV distribuidos conectados a la red.
- Diseñar, instalar y operar sistemas FV, ubicados en viviendas y edificios públicos y privados, conectados a la red pública de baja tensión.
- Promover la inyección a la red de energía eléctrica generada mediante sistemas FV distribuidos.
- Instalar sistemas FV en los organismos de ciencia y tecnología involucrados, para análisis, ensayo, determinación de eficiencia y calificación de diseños y componentes de sistemas.
- Desarrollar recursos humanos especializados en las empresas y organismos intervinientes.

El proyecto comenzó a ejecutarse a fines de 2011, finalizando en abril de 2016. Esta iniciativa previó entre otras actividades, el diseño, instalación y operación de sistemas fotovoltaicos piloto en viviendas de interés social y edificios públicos y privados, ubicados en áreas urbanas.

La generación de energía en forma distribuida y dentro de los mismos centros de consumo implica un importante ahorro en transporte de la energía y costos, posibilita su crecimiento futuro reduciendo la

inversión, permitiendo a su vez disminuir el quemado de combustibles fósiles, y, por consiguiente, las emisiones de CO₂ a la atmósfera (Eyras, 2014).

El proyecto fue parcialmente subsidiado con Fondos Argentinos Sectoriales (Convocatoria FITS ENERGIA 008/2010 - FONARSEC) a través de la Agencia Nacional de Promoción Científica y Tecnológica (ANPCyT) del Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación Productiva (MINCyT). Para su ejecución se creó el Convenio Asociativo Público-Privado IRESUD, conformado por dos organismos públicos: la Comisión Nacional de Energía Atómica (CNEA) y la Universidad Nacional de San Martín (UNSAM), y 5 empresas privadas: Aldar S.A., Edenor S.A., Eurotec S.R.L., Q-Max S.R.L. y Tyco S.A. Asimismo, cuenta con el apoyo del Ente Nacional Regulador de la Electricidad (ENRE) y la Secretaría de Energía de la Nación.

Participaron también en el proyecto desde un comienzo las Universidades de Buenos Aires (Facultad de Ingeniería), Nacional de Luján, Nacional de La Plata y Tecnológica Nacional (Regionales Buenos Aires y Mendoza) y la Universidad Nacional del Nordeste. Posteriormente se sumaron otras universidades y organismos sumando un total de 34 instituciones (Tabla 1) (Proyecto Iresud, 2016).

Organismo	Provincia	Potencia FV (kWp)
Base Marambio	Antártida Argentina	1,92
Base Esperanza	Antártida Argentina	1,92
CNEA - CAC: Alero y terraza - San Martín	Buenos Aires	9,74
UNSAM	Buenos Aires	5
UNLP - Facultad de Informática	Buenos Aires	16,92
UNLu	Buenos Aires	1,92
UNMDP	Buenos Aires	1,92
UNICEN - Facultad de Ing. de Olavarría	Buenos Aires	1,5
Coop. Luz y Fuerza de Rojas	Buenos Aires	2,88
Usina de Tandil y 3 viviendas	Buenos Aires	7,68
Escuela Técnica EET N°1 - Trenquelauquen	Buenos Aires	2,96
Edenor	Buenos Aires	1,48
Secretaría de Energía de La Nación	CABA	1,44
Ente Nacional Regulador de la Electricidad	CABA	3,7
Anexo del Congreso - HCD	CABA	3,76
Ministerio de Planificación	CABA	4,46
Observatorio de la CABA - Parque Centenario	CABA	1,92
UNCa	Catamarca	2,88
UNNE	Chaco	2,88
UTN Córdoba	Córdoba	1,92
UTN San Francisco	Córdoba	2,82
UNNE	Corrientes	6,72
Sec. Energía de Corrientes	Corrientes	2,88
Sec. Energía de Entre Ríos	Entre Ríos	2,88
UTN Mendoza	Mendoza	2,88
Hospital Humberto Notti	Mendoza	1,92
UNAM - Sede Oberá - Misiones	Misiones	2,88
EPEN - El Chañar	Neuquén	2,88
EPEN - Hospital San Martín de los Andes	Neuquén	1,48
Sec. Energía Río Negro - Bariloche	Río Negro	2,82
CET N°21 - Catriel	Río Negro	2,82
Hospital Dr. Pedro Moguillansky - Cipolletti	Río Negro	2,82
Escuela de la Magistratura - INENCO	Salta	2,88
UTN Santa Cruz	Santa Cruz	1,88
Instituto de Física Rosario	Santa Fe	2,16
Plaza Eva Perón - Granadero Baigorria	Santa Fe	2,88
Ciudad Joven - Rosario	Santa Fe	2,88
Municipio de Rosario	Santa Fe	1,48

Planta de tratamiento de agua de Rosario	Santa Fe	1,88
Coop. de Amstrong	Santa Fe	1,92
Viviendas - Localidad de Correa	Santa Fe	9
Universidad Nacional de Santiago del Estero	Santiago del Estero	4,8
Universidad Nacional de Tucumán	Tucumán	2,88
Instituto Leonardo Da Vinci - ALDAR	Córdoba	10
EUROTEC	Buenos Aires	20

Tabla 1: Tabla de potencia instalada e instalaciones ejecutadas

Hasta la finalización del proyecto se han instalado 55 sistemas con una potencia total de aproximadamente 179 kW_p, Están ubicados en la Ciudad Autónoma de Buenos Aires y 16 provincias, incluyendo una instalación en la Base Marambio, Antártida Argentina. Las Figuras 1 y 2 muestran la distribución de las instalaciones a través de una interfaz del "Google Earth" dentro de la página del proyecto (Proyecto Iresud, 2016).

Estos sistemas, conectados a la red interna de los edificios o a la red pública, permitieron difundir esta tecnología en los organismos de decisión y en la sociedad en su conjunto, evaluar su funcionamiento en diferentes áreas urbanas del país, analizar los efectos de esta inyección sobre la red eléctrica y capacitar técnicos locales.

En resumen, el proyecto contribuyó a que en el futuro la energía solar fotovoltaica distribuida y conectada a red represente un aporte significativo a la matriz energética nacional. En esta primera etapa se ha enfocado en la especialización de profesionales, la regulación técnica y una propuesta de normativa para utilizar estos sistemas en viviendas y edificios. Actualmente el proyecto continúa en actividad, aún sin fondos del FONARSEC, y ha constituido una red nacional de investigación, desarrollo y difusión de la generación distribuida en baja tensión mediante energías renovables.



Figura 1: Interfaz "Google Earth" con la localización de instalaciones y proyectos realizados en el marco del proyecto <http://IRESUD.com.ar/instalaciones-piloto/>.



Figura 2: Interfaz "Google Earth" con la localización de instalaciones y proyectos en el Área Metropolitana Buenos Aires y ciudades cercanas.

Por otra parte, la filosofía de la integración arquitectónica, conocida también por su sigla en Inglés, BIPV ("Building Integrated Photovoltaics") consiste en dotar al sistema fotovoltaico de una doble función: generación de energía y elemento de construcción edilicia (Prasad & Snow, 2006).

Algunos aspectos destacables de esta simbiosis entre sistemas solares y edificación son:

- El módulo fotovoltaico -o el colector térmico- pueden reemplazar determinados componentes de la construcción, como por ejemplo una cubierta inclinada, un parasol o una galería, también paramentos verticales expuestos al sol, por lo que se puede descontar estos componentes del costo total del sistema solar.
- La superficie necesaria para la estructura de sustento del generador ya está pagada por la construcción del edificio.
- Un generador fotovoltaico -o solar térmico- puede reducir la carga térmica del edificio al generar sombras, y por lo tanto el consumo energético para su climatización.
- Se reducen las pérdidas por el habitual transporte de la energía, ya que la misma se produce en el mismo sitio del consumo

A estas ventajas, se podría agregar la escasez habitual y el alto costo del suelo en los centros urbanos. La integración de los sistemas, sobre la "envolvente solar" de los edificios libera el suelo urbano para otros usos.

Es necesario, sin embargo, advertir que la instalación de módulos fotovoltaicos -o captadores térmicos- en forma indiscriminada y carente de estos criterios arquitectónicos podría generar impactos visuales no deseados. Tal es el caso de otras prácticas urbanas que hoy contaminan el ambiente (publicidad gráfica excesiva, instalaciones de cableado de TV, antenas, o equipos de aire acondicionado) produciendo el lógico rechazo de los habitantes de la ciudad. Estas medidas deben ser extremadas si se interviene en sitios históricos o en entornos patrimoniales. Por otra parte la instalación en zonas urbanas conlleva mayores exigencias legales (gálidos de construcción, normativas de seguridad entre otras). Por ello, es menester el trabajo conjunto de los profesionales de la construcción y los proveedores de sistemas solares para que los mismos se integren armónica y funcionalmente al diseño de los edificios y su entorno (Martín Chivelet & Fernández Solla, 2007).

En los ejemplos seleccionados para el presente artículo, la instalación de los módulos fotovoltaicos contempló de alguna manera su integración a los edificios o sus entornos físicos. Además de generar energía, producen ahorros significativos en aspectos constructivos y/o de climatización, logrando un efecto sinérgico planteado entre generación de energía y construcción.

1. Pérgola en edificio TANDAR, CNEA, San Martín, Provincia de Buenos Aires
4,9 kW_p, 23 módulos FV de 215 W_p c/u
2. Usina Popular de Tandil. Tandil , Provincia de Buenos Aires
2,0 kW_p, 10 módulos FV de 250 W_p c/u
3. Facultad de Informática, Universidad Nacional de la Plata (UNLP), Provincia de Buenos Aires
16,92 kW_p, 72 módulos FV de 235 W_p c/u
4. Plaza Eva Perón, Granadero Baigorria, Provincia de Santa Fe
2,9 kW_p, 12 módulos FV de 240 W_p c/u
5. Galpón Nro. 11 Ciudad Joven, Rosario, Provincia de Santa Fe
2,88 kW_p, 12 módulos FV de 240 W_p c/u
6. Campus Deodoro Roca, Universidad Nacional del Nordeste (UNNE), Provincia de Corrientes
6.72 kW_p, 28 módulos FV de 240 W_p c/u
7. Secretaría de Energía de la Provincia de Corrientes
2,82 kW_p, 12 módulos FV de 235 W_p c/u
8. Ministerio de Economía y Planificación, Ciudad Autónoma de Buenos Aires.
4,4 kW_p, 19 módulos FV de 235 W_p c/u
9. Universidad Tecnológica Nacional, Provincia de Mendoza
2,88 kW_p, 12 módulos FV de 240 W_p c/u
10. Escuela de la Magistratura, Poder Judicial de Salta, Provincia de Salta
2,88 kW_p, 12 módulos FV de 240 W_p c/u

1.- Pérgola en edificio TANDAR, CNEA (Figura 3): El proyecto fue consensuado luego de estudiar varias posibilidades de integración en el edificio. Algunas alternativas habrían dado lugar a un mayor beneficio bioclimático a la realizada, pero requerían el acuerdo de distintos actores, además de tratarse de instalaciones algo más compleja, costosas e intrusiva.

Se seleccionó la ubicación de los paneles para lograr una acción bioclimática y agregar una función arquitectónica. Se realizaron estudios de asoleamiento y croquis de un primer nivel de anteproyecto.



Figura 3: Pérgola fotovoltaica en edificio TANDAR, CNEA. San Martín Pcia. de Buenos Aires

2.-Parasoles en Usina Popular de Tandil (Figura 4): Como en el caso anterior, Se trató de una instalación que plantea la disminución de la incidencia solar sobre una fachada vidriada ubicada al norte y sin ningún tipo de protección solar previa. Se realizaron estudios de asoleamiento y croquis de un primer nivel de anteproyecto, además de prestarse colaboración al equipo de obra en el dimensionado y diseño de las piezas metálicas que constituyeron la estructura de soporte de los paneles



Figura 4: Parasol fotovoltaico en la Usina Popular de Tandil. Tandil. Provincia de Buenos Aires

3.- Pérgola en Facultad de Informática, UNLP (Figura 5): Se consensuó el proyecto con las autoridades de la Facultad. Se realizaron los estudios de asoleamiento y croquis con el objeto de lograr un beneficio bioclimático y funcionalidad arquitectónica. Se realizaron planos de ingeniería de detalle y documentación de obra a los efectos de realizar un concurso de precios. Participaron del proyecto y de la construcción arquitectos y técnicos de IRESUD tanto como de la UNLP.



Figura 5: Pérgola fotovoltaica en edificio FI UNLP. La Plata Pcia. De Buenos Aires

4.- Mobiliario Urbanano Granadero Baigorria, Provincia de Santa Fe (Figura 6): Se trata de una de las pocas instalaciones realizadas dentro del proyecto, concebida *ex novo* como proyecto de integración arquitectónica. Se realizaron estudios preliminares de asoleamiento y sombras, y croquis a partir del diseño de una arquitecta local.



Figura 6: Mobiliario urbano fotovoltaico en Granadero Baigorria, Provincia de Santa Fe

5.- Instalación sobre cubierta plana. Ciudad Joven, Rosario (Figura 7): Se realizó el proyecto en forma consensuada con autoridades y profesionales locales. Se realizaron croquis y estudios de asoleamiento y sombras. Se confeccionó una sucinta documentación de la obra. Se realizaron también visitas del equipo IRESUD al sitio para resolver temas durante la instalación.



Figura 7: Instalación sobre cubierta plana en Ciudad Joven, Rosario- Provincia de Santa Fe

6.- Mobiliario Urbano Campus Deodoro Roca, UNNE, Corrientes (Figura 8): La instalación fue proyectada y realizada íntegramente por los profesionales locales, quienes cuentan con experiencia previa en instalaciones fotovoltaicas.



Figura 8: Pérgola fotovoltaica sobre sendero peatonal en UNNE Pcia. De Corrientes

7.- Cubierta en Secretaría de Energía de la Provincia de Corrientes (Figura 9): La instalación fue proyectada y realizada íntegramente por los profesionales locales, quienes cuentan con experiencia previa en instalaciones fotovoltaicas. En este caso, profesionales de IRESUD realizaron una visita previa para consensuar la ubicación, ángulo y disposición de los módulos.



Figura 9: Cubierta fotovoltaica semitransparente en Secretaría de Energía. Pcia. De Corrientes

8.- Parasoles basculantes Universidad Tecnológica Nacional, Ciudad de Mendoza (Figura 10): La instalación fue proyectada y realizada íntegramente por los profesionales locales, quienes cuentan con experiencia previa en instalaciones fotovoltaicas. Los aleros basculantes permiten contemplar a lo largo del año óptima captación y también adecuada protección solar.



Figura 10: Parasoles fotovoltaica basculantes en UTN, Pcia. De Mendoza

9.- Parasoles MECON –MINPLAN CABA (Figura 11): La instalación fue realizada íntegramente por el equipo IRESUD local, que cuenta con experiencia previa en el tema. En esta instalación se observan algunos elementos sobre el plano de captación que dan lugar a sombras parciales, con sus consecuentes pérdidas en la generación de energía, lo cual fue reducido gracias a la previsión de tres ramas independientes. Teniendo en cuenta que la aparición de sombras sobre sistemas fotovoltaicos en ambientes urbanos es relativamente usual, esta instalación dio lugar a un estudio de caso.

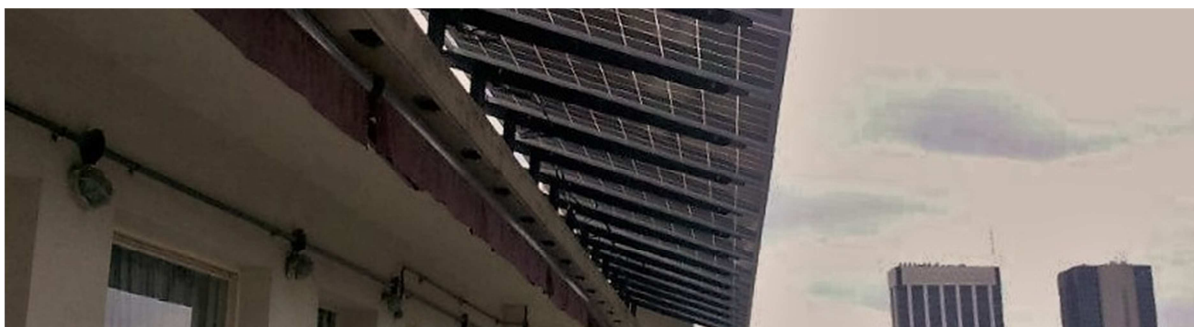


Figura 11: Parasoles fotovoltaicos MINPLAN MECON Ciudad de Buenos Aires

10.- Escuela de la Magistratura, Poder Judicial de Salta (Figura 12): La instalación fue proyectada y realizada íntegramente por los profesionales locales, quienes cuentan con experiencia previa en instalaciones fotovoltaicas. Se realizaron estudios de asoleamiento y balances térmicos previos y posteriores a la instalación (Proyecto Iresud, 2016).



Figura 12: Escuela de la Magistratura, Poder Judicial de Salta

CONCLUSIONES

Consideramos que uno de los logros principales de IRESUD consiste en haber consolidado una red universitaria, científica y técnica de colaboración, que constituye hoy la base de una masa crítica suficiente para impulsar desde la misma y junto a otras entidades estatales del sector, una normativa legal y técnica que permita el necesario crecimiento de las energías renovables en general y de la energía solar y distribuida en áreas urbanas en particular.

Esta red fue impulsada por organismos de ciencia y técnica, y está principalmente constituida por Facultades de Ingeniería, Física, Electrónica y otras ramas de la ciencia, siendo todavía escasa la participación de profesionales de carreras proyectuales y de construcción. En tal sentido, IRESUD impulsó la utilización y difusión de la especialidad proyectual denominada “Integración Arquitectónica” para el diseño de sistemas fotovoltaicos para viviendas y edificios.

La situación inicial planteada en el párrafo anterior -una red extensa de colaboración científica, sumada a la escasa participación de profesionales asociados al proyecto, junto con las dificultades económico-financieras propias de un proyecto de este tipo- han desbordado al pequeño equipo de arquitectura de IRESUD, limitándolo mayormente al asesoramiento, la consulta y la elaboración de los primeros croquis (muchos de ellos geoposicionados) de las instalaciones.

Dichas consultas, asesoramiento y conjunto de esquemas y posibles soluciones sencillas para instalaciones piloto deberán constituir en lo sucesivo una pequeña guía de integración que permita un mayor compromiso, sistematice la información por parte de las entidades participantes y se establezca un pequeño protocolo de trabajo entre las entidades que se muestren interesadas en esta modalidad de instalación.

No obstante lo expuesto, quince instalaciones piloto -que ya inyectan su energía a la red dentro del régimen experimental que el proyecto permite- han adoptado distintas estrategias de integración arquitectónica, aún con diferentes grados de compromiso, asesoramiento sobre el tema y suceso. Se debe tener en cuenta también que proyectos que plantean la integración arquitectónica, implican mayores costos, tiempos de desarrollo y resultan más laboriosos, por lo cual muchos de ellos no superaron la etapa de proyecto, como las instalaciones planteadas en los edificios del Ente Nacional Regulador de la Electricidad (ENRE), el Honorable Senado de la Nación o la misma UNSAM.

El proyecto IRESUD abrió entonces las puertas a esta modalidad de construcción sustentable: la integración arquitectónica de la energía solar o BIPV, que prácticamente no existía en nuestro país, salvo escasísimas excepciones, ahora como práctica proyectual sistemática, lo cual consideramos sumamente auspicioso.

De implementarse la normativa técnico legal que regularice e impulse el crecimiento de la generación de energías renovables en forma distribuida en las áreas urbanas, y de acuerdo con el panorama energético local y mundial, actual y futuro, resulta lógico esperar también un aumento exponencial en cantidad y calidad de estos primeros ejemplos aquí mostrados.

AGRADECIMIENTOS

El presente trabajo es financiado por el Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación Productiva, la CNEA, la UNSAM y las 5 empresas integrantes de IRESUD. Las diferentes Universidades, Secretarías de Energía, Entes Provinciales de Energía y Cooperativas que se han sumado al proyecto a través de acuerdos con la UNSAM, han financiado parcialmente las instalaciones realizadas en los respectivos edificios.

Los autores agradecen la colaboración de los socios de IRESUD y de los profesionales y técnicos responsables de las instalaciones realizadas en Universidades, Secretarías de Energía, Entes de Regulación, Entes Provinciales, Cooperativas y viviendas.

Los siguientes integrantes del Departamento Energía Solar de la CNEA han participado activamente en el diseño y la instalación de algunos de los sistemas presentados en este trabajo: José Di Santo, Javier Fernández Vázquez, Sebastián Muñoz, Carlos A. Rinaldi, José Olima, Daniel Raggio, Oscar Romanelli y Hernán Socolovsky. Asimismo, los autores agradecen muy especialmente a Gabriela I. Durán, quien coordina las cuestiones administrativas, contables y de difusión del proyecto.

BIBLIOGRAFIA

- Eyras I. (2014). Edificios generadores, edificios usinas. En O. Paris, Eco-Arquitectura. Córdoba: I+P.
- Martín Chivelet N. y Fernández Solla I. (2007). La envolvente fotovoltaica en la arquitectura: criterios de diseño y aplicaciones. Barcelona: Editorial Reverté.
- Prasad D. y Snow M. (2006). Designing with Solar Power: A Source Book for Building Integrated Photovoltaics (2da. ed.). Shanghai: Images Publishing.
- Proyecto Iresud (2016). <http://www.iresud.com.ar>

ABSTRACT

The IRESUD project, "Interconnection of photovoltaic systems to the grid in urban environments", running since late 2011, aims to promote photovoltaic distributed generation connected to the low voltage network in urban areas. Among other activities, the design, installation and operation of pilot photovoltaic systems in homes and public and private buildings, was carried out.

The architectural philosophy of integration is to provide the photovoltaic system of a dual function: power generation and construction element, thus achieving economies and synergies between system and building. In this paper, 10 examples of photovoltaic installations in which the integration of the systems to the buildings or their physical environments has been considered, producing savings in construction aspects and/or air conditioning, are presented. This project opened the doors to this form of sustainable construction, which practically did not exist as systematic design practice in our country.

KEYWORDS: Architecture, Energy, Photovoltaics, Building integration, Solar